

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektrotechniky 420**

**Alternativní návrh napájení zabezpečovacího  
zařízení SmartSwitch**  
Design of alternative power system for SmartSwitch  
safety equipment

2012

Roman Pospíšil



## Zadání bakalářské práce

Student:

**Roman Pospíšil**

Studijní program:

B2648 Projektování elektrických zařízení

Téma:

Alternativní návrh napájení zabezpečovacího zařízení SmartSwitch  
Design of alternative power system for SmartSwitch safety equipment

Zásady pro vypracování:

Zpracujte návrh řešení venkovního rozvaděče pro napájení elektronického zabezpečovacího zařízení SmartSwitch.

Práce bude obsahovat:

- a) teoretický rozbor a seznam norem týkajících se napájení elektrických zařízení ve venkovních prostorech
  - b) projektový návrh části napájení na straně zdroje (např. v rozvodně) v EPLAN P8
  - c) projektový návrh napájení ve venkovním rozvaděči systému SmartSwitch v alternativách:
    - při použití sítě IT s napájecím napětím 3x400V, 50Hz, IT a 230V, 50Hz, IT
    - při použití sítě TN-S s napájecím napětím 3x400/230V, 50Hz, TN-S a 230V, 50Hz, TN-S
- provedený v EPLAN P8, vč. generace výstupních sestav
- d) zhodnoťte přínos ve firmě získaných odborných a praktických dovedností pro další Vaši odbornou kariéru

Seznam doporučené odborné literatury:

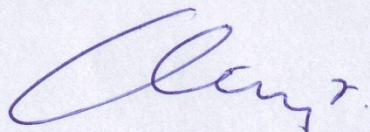
1. DVOŘÁČEK, K., CSIRIK, V.: *Projektování elektrických zařízení*, IN-EL, Praha, 1999, ISBN 80-86230-10-4.
2. DVOŘÁČEK, K.: *Příručka pro zkoušky projektantů elektrických zařízení*, vyd. 1. Praha : IN-EL, 2003. 101 s. elektro., ISBN 80-86230-31-7 (brož.).
3. Normy řady ČSN 33 2000 a ČSN EN 60439.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

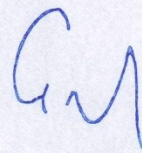
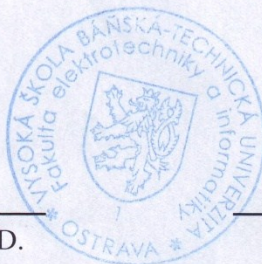
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.**

Datum zadání: 19.11.2010

Datum odevzdání: 04.05.2012



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.  
vedoucí katedry



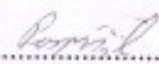
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty



### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě : .....4.5.2012.....

..........  
Podpis studenta

## **Poděkování studenta**

Chtěl bych poděkovat za odbornou pomoc při tvorbě bakalářské práce mému internímu vedoucímu doc. Ing. Vítězslavu Stýskalovi, Ph.D. Dále pak chtěl poděkovat mému externímu vedoucímu Ing. Stanislavu Zářeckému za ochotu a podporu při tvorbě mé práce a také panu Filipu Hezckovi a Martinu Novákovy za předání praktických rad, zkušeností a pomoci při řešení problematiky.

**Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby**

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských/magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“

V Ostravě: 4. května 2012



## **Abstrakt**

Hlavním cílem této práce je alternativní návrh napájení systému SmartSwitch, jenž slouží k ovládání výhybek v kolejišti. Bakalářská práce obsahuje stručný popis systému, dále návrhy přívodu napájení pro systém ve čtyřech provedení pro sítě IT a TN-S při dodržení požadavků norem. V další části práce je navrženo samotné řešení napájení pro zajištění funkčnosti a bezpečnosti systému, výsledkem této kapitoly jsou projektové návrhy (schémata) řešení zapojení v rozvaděči a návrh samotného rozvaděče. Výsledkem je práce, která má sloužit ve firmě První Signální, a.s. k usnadnění při tvorbě budoucích projektů systému SmartSwitch.

## **Klíčová slova**

návrh, systém SmartSwitch, oddělovací ochranný transformátor, dimenzování, napájení, jištění

### **(Abstract)**

The main aim of this thesis is the alternative proposal of feeding of the SmartSwitch system which is used to control points in the railway yard. This bachelor thesis contains the brief description of the system, then suggestions of an input of feeding for the system in four versions for IT and TN-S networks, where requirements of regulations are observed. In the next part of the thesis there is proposed the solution of the feeding for provision of the functionality. Project suggestions /(schemas) of resolution of a connection in a distributor and the suggestion of the distributor itself are results of this chapter. The result of the thesis is the work which could serve to the První Signální, a. s. company to facilitate the creation of future projects of the SmartSwitch system.

### **(Keywords)**

design, system SmartSwitch, isolating transformer, design, supply, protection

## Seznam použitých symbolů a zkratek

Značka	Název	Jednotka
UPS	záložní zdroj napětí	[-]
PLC	programovatelný automat	[-]
F	jistící prvek	[-]
Tr	transformátor	[-]
$P_{\text{celk}}$	příkon systému SmartSwitch	[W]
$P_{\text{Tr2}}$	příkon transformátoru $\text{Tr}_2$	[VA]
$P_{\text{KO}}$	příkon kolejového obvodu	[W]
$P_{\text{SPP}}$	příkon návěstidel	[W]
$P_{\text{N}}$	příkon NEXUSu	[W]
$P_{\text{ZD1}}$	příkon stejnosměrného zdroje	[W]
$P_{\text{M}}$	příkon motorů	[W]
$I$	proud	[A]
$U_{\text{f}}$	fázové napětí	[V]
$U_{\text{S}}$	Sdružené napětí	[V]
$\cos\varphi$	účinník	[-]
$S$	průřez vodiče	[mm <sup>2</sup> ]
$I_{\text{NP}}$	jmenovitý proud jistícího prvku	[A]
IT	izolovaná napájecí soustava	[-]
TN	uzemněná napájecí soustava	[-]
$\Delta U_{\%}$	úbytek napětí	[%]

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Teoretický rozbor .....	2
3	Základní pojmy .....	4
3.1	SmartSwitch .....	4
3.1.1	NEXUS.....	4
3.2	Síť TN-S .....	5
3.3	Síť IT.....	5
3.4	UPS .....	5
3.5	HIS .....	5
4	Návrh napájení na straně zdroje .....	6
4.1	Návrh systému pro variantu napájení C1.....	6
4.1.1	Dimenzování kabelů .....	6
4.2	Návrh systému pro variantu napájení C2.....	8
4.2.1	Dimenzování kabelů .....	9
4.3	Návrh systému pro variantu napájení C3.....	9
4.3.1	Dimenzování kabelů .....	10
4.4	Návrh systému pro variantu napájení C4.....	10
4.5	Uzemnění[5].....	11
5	Návrh napájení systému smartswitch .....	12
5.1	Druhy napájecích soustav .....	12
5.1.1	Soustava IT0/IT1.1.....	12
5.1.2	Soustava TN-S0.3-4/IT1.3-4.....	12
5.1.3	Soustava IT3 .....	12
5.2	Ochrana proti přepětí.....	13
5.3	Dimenzování vodičů a jističů v rozvaděči .....	13
5.4	Oddělovací transformátor .....	14



5.4.1	Jištění a selektivita.....	14
5.5	Ochrana před úrazem elektrickým proudem[4].....	14
5.6	UPS .....	14
5.7	Návrh napájení systému pro variantu C1.....	15
5.8	Návrh napájení systému pro variantu C2.....	18
5.9	Návrh napájení systému pro variantu C3.....	20
5.10	Návrh napájení systému pro variantu C4.....	22
6	Návrh rozvaděče.....	24
7	Zhodnocení získaných odborných a praktických dovedností ve firmě.....	25
8	Závěr.....	26
	Seznam Použité literatury .....	27
	Seznam příloh.....	29

# 1 ÚVOD

Předmětem mé bakalářské práce je alternativní návrh napájení pro systém SmartSwitch firmy První Signální, a.s. Jedná se o elektronický systém určený pro potřeby kolejové dopravy v provozech s malým počtem výhybek (například v depech pro kolejová vozidla či provozech řízených pokyny obsluhy). Jednou z mnoha výhod tohoto systému, oproti klasickému ručnímu ovládání výhybek, je omezení pohybu pracovníků v kolejišti, což zvyšuje bezpečnost provozu. K zajištění funkčnosti tohoto systému je třeba napájení z konkrétní elektrické sítě. V různých provozech jsou ale k dispozici různé napájecí soustavy, proto je potřeba vytvořit alternativní návrh pro napájení systému ve verzích pro nejčastěji dostupné napájecí sítě.

Tento projektový návrh by měl sloužit firmě První Signální, a.s. pro interní potřeby firmy, zejména by měl být nápomocen k rychlejší tvorbě budoucích projektů s tímto systémem. K zajištění bezpečnosti systému bude při návrhu postupováno dle příslušných norem. Součástí projektového návrhu, bude numerický výpočet příkonu systému a návrh přívodního kabelu, dále návrh vnitřního zapojení rozvaděče, dimenzování vodičů a jistících prvků. Vzhledem k použití počítačového řízení je nutno počítat i s možností přerušení dodávky elektrické energie a z toho důvodu je také zapotřebí navržení vhodného záložního zdroje. Bude také zohlednit případné oteplení rozvaděče, jež je způsobeno ztrátovým výkonem jednotlivých zařízení systému, tento výkon je vyzářen do okolí ve formě tepla. Na toto případné oteplení bude třeba reagovat odpovídajícím chlazením. Výkresová dokumentace bude vyhotoven v elektroprojekčním programu Eplan elektric P8 v1.9. Z důvodu množství variací možných zapojení, jenž se odvíjí od rozsahu použité aplikace a požadavků zákazníka, bude v této práci zhotoven návrh napájení na konkrétním případu.

## 2 TEORETICKÝ ROZBOR

Pro napájení a funkčnost systému je třeba zabezpečit napájecí síť 3x 400/230V, 50Hz, IT, požadavky na napájení touto sítí jsou z důvodu možnosti napájení jak třífázových motorů tak i napájení řídicí elektroniky a zajištění provozu systému při prvním zemním spojení. Celý systém je klasifikován jako signalizační a ovládací zařízení. Napájení systému se provádí většinou z nejbližší rozvodny nebo místa, které určí zákazník ne vždy však je přímé připojení k požadované síti. Ze zadání plynou požadavky na řešení tohoto problému v podobě napájení ze čtyř druhů rozvodných sítí, konkrétně v těchto variantách.

### Varianty:

- C1 - v první variantě bude systém napájen třemi fázovými vodiči ze sítě 3x400V, 50Hz, IT, k zajištění funkčnosti bude třeba použití oddělovacího transformátoru k vyvedení nulového vodiče
- C2 - varianta ve, které k zabezpečení funkce systému nebude moc být použito třífázových motorů pro pohon, ale přestavníků bude muset být použito jedno fázových., napájecí napětí bude ze sítě 230V, 50Hz, IT
- C3 - použití napájecího napětí 3x400/230V, 50Hz TN-S bude představovat obdobný postup při navrhování řešení jako v prvním bodě
- C4 - v poslední variantě s napájecím napětím 230V.50Hz, TN-S bude muset obsahovat návrh řešení pomocí oddělovacího transformátoru i jednofázových motorů

Systém SmartSwitch se skládá z elektronické části což je programovatelný automat (PLC), jedná se o stavebnicový systém, jenž je složen kazety (racku) osazené jednotlivými moduly (kartami). Napájení toho systému je provedeno pomocí napájecího modulu označovaného jako PWR Tento modul napájí další karty pomocí sběrnice umístěné na v zadní části kazety. Příkon karty PWR je uveden v interním dokumentu [1] tab. 5. Ostatní karty slouží k ovládání, řízení jednotlivých obvodů jsou voleny podle požadavků aplikace. Další částí je pak napájení jednotlivých řízených obvodů, které napájí ovládané zařízení. Z důvodu různorodosti aplikací projevující se na výběru a počtu jednotlivých ovládaných prvků jsem uvedl tabulku příkonu jednotlivých zařízení. V tabulce je uveden počet zařízení pro aplikaci, na které bude návrh proveden.

Název zařízení	Příkon pro 1ks (W)	Počet ks v systému
PLC (NEXUS)	92	1
Kolejový obvod	30	1
Napájení signalizace	24	3
Motory pro pohon přestavníků	850	3
Zdroj stejnosměrného napětí	50	1
Dohledání polohy výhybky	12	3

**Tab. 1** – Příkony jednotlivých zařízení systému

Při projektování a dimenzování obvodů pro motory pohonů přestavníků je třeba, že při přípravě jedné jízdní cesty pro jízdu drážního vozidla může dojít potupnému přestavení až 15 výhybek (tzn. 15-ti přestavníků). Doba potřebná pro přestavení jedné výhybky je 3s, pomocí PLC lze navolit odstup spuštění mezi přestavníky na dobu 0,3s. To je doba po, které klesá záběrný proud na jmenovitou hodnotu z toho vyplývá, že pokud by se rozbíhal jedenáctý přestavník první by už byl v klidu.

## 3 ZÁKLADNÍ POJMY

### 3.1 SmartSwitch

System SmartSwitch umožňuje zvětšit bezpečnost provozu a omezit pohyb pracovníků v kolejišti. Je to systém pro řešení aplikací, v nichž je třeba přestavovat malý počet výhybek, maximální počet ovládaných výhybek je 15. Zejména jde o provoz, kde se jedná o pohyb malého počtu hnacích vozidel, malým počtem je rozuměno jedno nebo dvě vozidla. Provoz je řízen pokyny od obsluhujících pracovníků. Tyto pokyny je možno vydávat pomocí: centrálního ovládacího pultu, místního tlačítka, DTMF vysílačky, palubního počítače vozidla [11].

Základní technické parametry SmartSwitch	
max. počet ovládaných výhybek	cca 15
max. vzdálenost řízeného přestavníku	cca 200m
max. vzdálenost dálkového ovladače	neomezeno
detekce volnosti	počítač náprav, kolejový obvod
dálkové ovládání	DTMF vysílačka, handheld/smartphone, vozidlový terminál
dálková diagnostika	ano (SMS)

Tab. 2[11]

#### 3.1.1 NEXUS

NEXUS je název pro hardwarovou základnu systému SmartSwitch. Jedná se o takzvané PLC jenž je určeno hlavně pro aplikace v kolejové dopravě pro zajištění požadovaných cílů při zajištění co nejvyšší bezpečnosti, splňuje úroveň bezpečnosti SIL4 dle normy EN 50126, EN 50128, EN 50129, EN 50159-1/2. NEXUS je modulární systém, jenž umožňuje sestavit optimální konfiguraci pro danou aplikaci, tato optimalizace na míru dané aplikaci zároveň umožňuje i cenovou optimalizaci. Součástí NEXUSu je modul pro sběr a archivaci dat a modul centrálního řadiče. Kromě standardních modulů jako jsou digitální vstupy, bezpečnostní digitální výstupy, je i možnost výběru modulů například pro řízení návěstidel či přestavníků [11].

Základní technické parametry NEXUS	
úroveň zabezpečení	SIL4
rychlost vzorkování vstupů	5ms
celková kapacita NEXUSu	26 x IO modul
rozsah napájení AC	100 - 250V AC 50 - 400Hz
rozsah napájení DC	18 - 72V
Archiv diagnostických dat	32GB

Tab. 3[11]



### 3.2 Síť TN-S

Jedná se o elektrickou rozvodnou síť, jejíž střední nebo nulový bod (střed uzlu zdroje) je uzemněn. Střední a ochranný vodič jsou vedeny zvlášť. Ochrana před nebezpečím úrazu elektrickým proudem se v této síti provádí samočinným odpojením od zdroje dle normy ČSN 33 2000-4-41. Pro zabezpečení správné funkce ochrany je nutné zajistit, aby byly všechny neživé části (na nichž se může v případě poruchy objevit nebezpečné napětí) uzemněny pomocí ochranného vodiče, který je spojen s uzemněným bodem rozvodné soustavy. Ochranný vodič nesmí být v žádném bodě přerušen a nesmí se jistit, protože by se na neživých částech v případě poruchy mohlo objevit nebezpečné dotykové napětí, přerušení ochranného vodiče v síti TN-S nemá vliv na funkci jednotlivých zařízení tudíž i při přerušení vodiče jsou elektrická zařízení stále v provozu [4].

### 3.3 Síť IT

Toto označení sítě je použito v elektrotechnice pro elektrickou rozvodnou síť, která je izolována od země nebo spojena se zemí přes dostatečně velkou impedanci. Pospojovány se zemí uzemněním jsou neživé části elektrických zařízení buďto jednotlivě nebo po skupinách. Síť IT se využívá převážně v provozech, kde je požadováno, aby při jednom zemním spojení bylo zařízení stále v provozu. Ochrana v síti IT je provedena dle ČSN 33 2000-4-41 pomocí hlídače izolačního stavu - ten má za úkol detekovat první poruchu v síti a zajistit signalizaci poruchy obsluze tak, aby mohla být porucha co nejdříve odstraněna. Při druhé poruše musí dojít k odpojení sítě -to se děje v podstatě stejně jako v síti TN-S (spojením dvou různých potenciálů přes neživou část do zkratu) [4].

### 3.4 UPS

Jedná se o zařízení, které dokáže při výpadku primárního zdroje po omezenou dobu dodávat elektrickou energii. Používá se všude tam kde nutno zabezpečit stálou dodávku elektrické energie do zařízení při výpadku či poruše v napájecí síti, nejčastěji se používá UPS k zálohování napájení počítačových systémů či elektronických signalizačních a komunikačních zařízení.

### 3.5 HIS

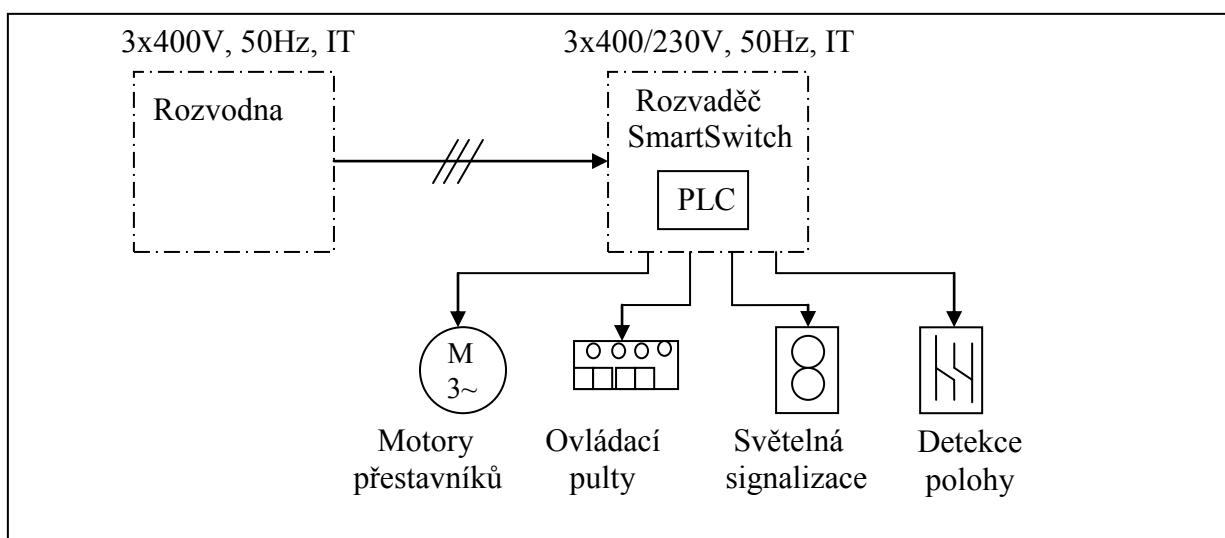
Hlídač izolačního stavu jde o zařízení pro sledování odporu izolované sítě IT vůči jejímu okolí a slouží především k monitorování IT sítě. Při poruše izolačního odporu má za úkol detekovat poruchu a signalizovat ji. HIS pracuje na principu stálého měření stejnosměrného napětí, kdy kladný pól tohoto napětí je přes vazební  $R$  připojen k hlídanému systému a k zemi je poté připojen záporný pól přes detekční elektronické zařízení. Při poruše se obvod uzavírá skrz porušený (zmenšený) izolační odpor a obvodem začíná procházet poruchový proud úměrný rozsahu poruchy izolace [10].

## 4 NÁVRH NAPÁJENÍ NA STRANĚ ZDROJE

V této části práce se budu zabývat návrhem zabezpečení napájení signalizačního zařízení z rozvodny. Tento návrh bude zpracovávat pro čtyři varianty napájecích sítí plynoucích ze zadání práce viz. 2.

### 4.1 Návrh systému pro variantu napájení C1

V první variantě znázorněné na Obr. 1 je k napájení signalizačního systému použito napájecí 3x400V, 50Hz, IT, to je vyvedeno z rozvodny přes spínač Q1 a pojistkový odpínač F1 na svorkovnici X0. Na svorkovnici X0 bude připojen tří žilový kabel CYKY 3-O. Přívodní kabel bude veden v zemi a uložen v ochranné trubce a vyveden na vstupní svorky jističe F1 ve spodní rozvaděči. Výstup ze svorek jističe F1 bude přiveden v mnou navrhovaném řešení na primární svorky oddělovacího transformátoru  $Tr_1$ .



Obr. 1- Blokové schéma napájení systému SmartSwitch varianta C1

#### 4.1.1 Dimenzování kabelů

Přívodní vedení musí být navrženo tak aby dokázalo zabezpečit chod zařízení při jeho plném výkonu, požadované délce a dodržení dovoleného úbytku napětí. Celkový výkon systému je určen celkovým součtem spotřeby jednotlivých zařízení v systému SmartSwitch. Příkon motorů byl násoben koeficientem 0,7 na základě ústního sdělení pracovníku projekce.

Dimenzování vedení se provádí z hlediska oteplení, dovolených úbytků napětí, hospodárnosti. Vedení a vodiče by měli dimenzovány tak, aby cena investice a provozu byla co možná nejmenší. Vzhledem k malému výkonu bylo zvoleno navýšení příkonu o 20%. Což by mělo postačit k dostatečné provozní rezervě a nemělo by mít velký vliv na investici. Toto navýšení bude ve vztahu (1) vyjádřeno pomocí konstanty  $k_D$ .

Vztah pro výpočet celkového příkonu systému.

$$P_{\text{celk}} = k_D \cdot (P_{\text{DP}} + P_M + P_{\text{KO}} + P_{\text{SPP}} + P_{\text{ZD1}} + P_N) [\text{W}] \quad (1)$$

$P_{\text{celk}} [\text{W}]$  – příkon systému SmartSwitch  
 $k_D [-]$  – dimenzování (koeficient)  
 $P_{\text{DP}} [\text{VA}]$  – příkon dohledání přestavníků  
 $P_{\text{KO}} [\text{W}]$  – příkon kolejového obvodu  
 $P_{\text{SPP}} [\text{W}]$  – příkon návěstidel  
 $P_N [\text{W}]$  – příkon NEXUSu  
 $P_{\text{ZD1}} [\text{W}]$  – příkon stejnosměrného zdroje  
 $P_M [\text{W}]$  – příkon motorů

Výpočet celkového výkonů zařízení podle vztahu (1).

$$P_{\text{celk}} = 1,2 \cdot (50 + 1785 + 30 + 90 + 50 + 92) = 2,516 \text{ kW} \quad (2)$$

Pro určení velikosti průřezu přívodního kabelu, dimenzování vodičů a jisticích znát proud protékající kabelem. Pro výpočet protékajícího proud bude použit vypočítaný celkový příkon ze vztahu (2).

$$I = \frac{P_{\text{celk}}}{\sqrt{3} \cdot U_S \cdot \cos\varphi} [\text{A, W, V}] \quad (3)$$

$I [\text{A}]$  – proud protékající kabelem  
 $U_S [\text{V}]$  – sdružené napájecí napětí  
 $\cos\varphi$  – účinník

Výpočet procházející proudu přívodním vodičem.

$$I = \frac{P_{\text{celk}}}{\sqrt{3} \cdot U_S \cdot \cos\varphi} = \frac{2516}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot \cos\varphi} = 3,631 \text{ A} \quad (4)$$

Vlivem odporu kabelu a průchodu proudu dochází k úbytku napětí na tomto vodiči, tento úbytek však může zavinit takový pokles napětí, jenž může ovlivnit funkčnost zařízení. Proto provedeme výpočet dovoleného úbytku napětí na kabelu do 5% na jeho maximální délce. Velikost konkrétních dovolených úbytků napětí jsou uvedeny jednotlivých normách. Zde je hodnota úbytku stanovena z normy pro průmyslové rozvody ČSN 341610.

Vztah pro výpočet maximální délky vodiče pro určený úbytek napětí.

$$l = \frac{\Delta U_{\%} \cdot S}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \rho} \quad [\%, \Omega \cdot \text{m}, \text{m}, \text{A}, \text{mm}^2] \quad (5)$$

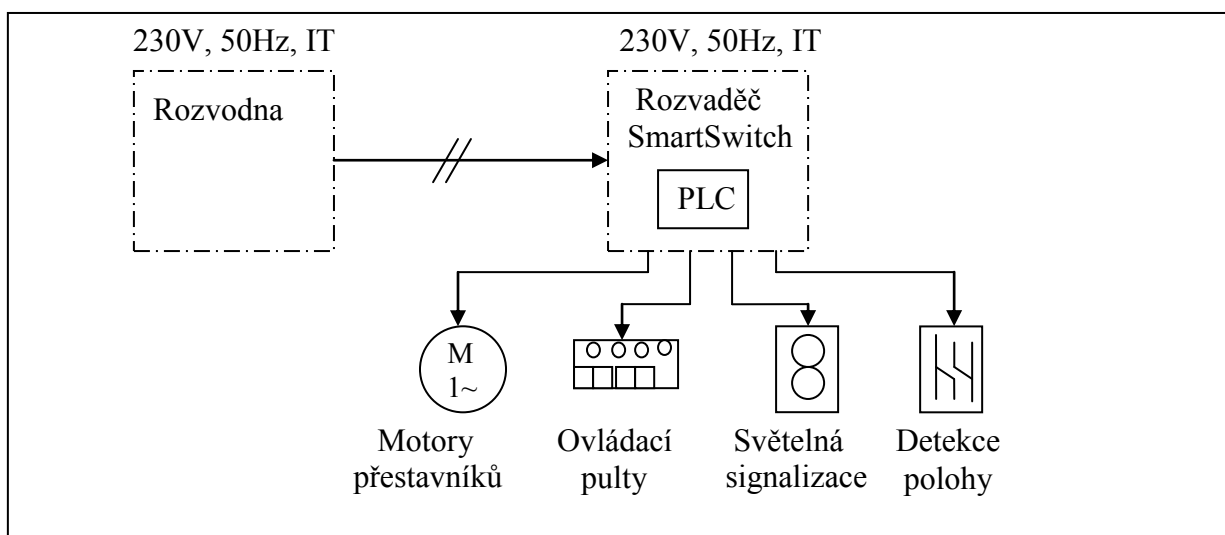
$\Delta U_{\%} [\%]$	- úbytek napětí
$\rho [\Omega \cdot \text{m}]$	- rezistivita
$l [\text{m}]$	- délka vodiče
$\cos \varphi$	- účinník
$S [\text{mm}^2]$	- průřez vodiče
$I [\text{A}]$	- proud

Výpočet maximální délky kabelu s dovoleným úbytkem do 5% napájecího napětí. Za proud dosadíme hodnotu z (4). Pro CYKY 3-O x 6mm<sup>2</sup>

$$l = \frac{\Delta U_{\%} \cdot S}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \rho} = \frac{5 \cdot 6}{\sqrt{3} \cdot 3,631 \cdot 1 \cdot 0,01724} = 276,6 \text{ m} \quad (6)$$

## 4.2 Návrh systému pro variantu napájení C2

V druhé variantě Obr.2 je přívod napájení signalizačního systému realizován pomocí sítě 230V, 50Hz, IT. S této dvou vodičově napájené soustavy je možno napájet elektronickou část, výkonová část (napájení motorů) použitím této soustavy při použití řešení pomocí jednofázových motorů. To však při stejném výkonu motorů jako třífázové soustavě znamená větší proudové zatížení což je při návrhu třeba zohlednit. Což bylo provedeno v návrhu volbou vhodných jističů a přívodních vodičů.



Obr. 2 - Blokové schéma napájení systému SmartSwitch varianta C2

### 4.2.1 Dimenzování kabelů

Pro výpočet celkového proudu ve variantě C2 použijeme následující vzorec. Pro dosažení výkonu tentokrát však jednofázového použijeme výpočet z rovnice (2).

$$I = \frac{P_{\text{celk}}}{U_f} \cdot \cos\varphi [A, W, V] \quad (7)$$

$U_f$  – napájecí napětí fázové  
 $I$  – proud protékající kabelem  
 $\cos\varphi$  – účinník

Výpočet proudu v jednofázové soustavě.

$$I = \frac{P_{\text{celk}}}{U_f} = \frac{2516}{230} = 10,939 \text{ A} \quad (8)$$

Maximální délka vodiče při dovoleném úbytku napětí 5% v jednofázové soustavě.

$$l = \frac{\Delta U_{\%} \cdot S}{2 \cdot \rho \cdot I \cdot \cos\varphi} \quad (9)$$

$\Delta U_{\%} [\%]$  – úbytek napětí  
 $\rho [\Omega \cdot \text{m}]$  – rezistivita  
 $l [\text{m}]$  – délka vodiče  
 $\cos\varphi$  – účinník  
 $S [\text{mm}^2]$  – průřez vodiče  
 $I [\text{A}]$  – proud

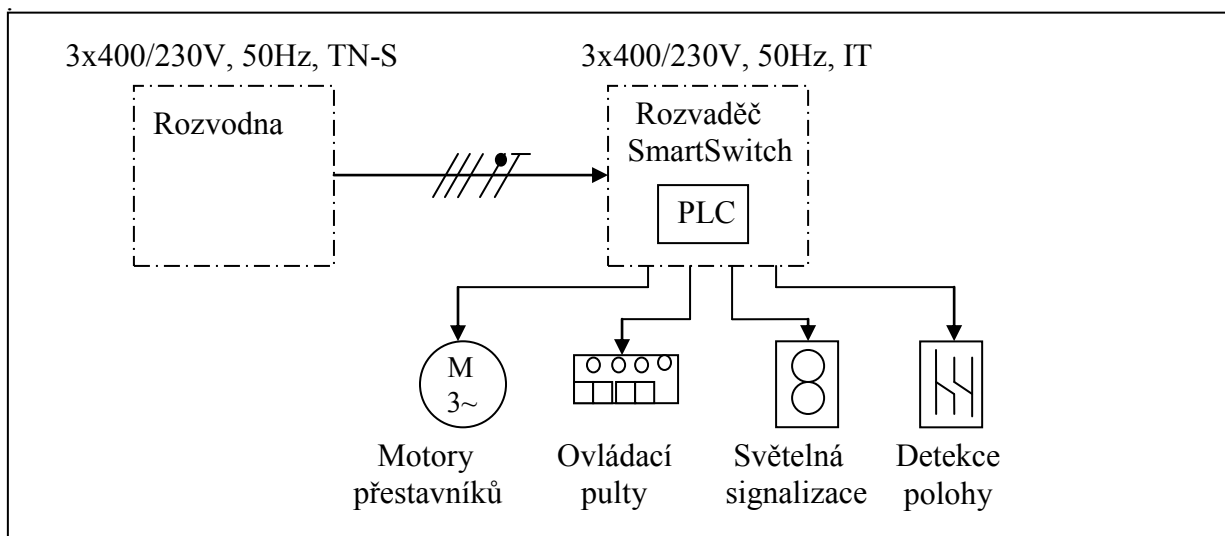
Výpočet maximální délky napájecího kabelu pro dovolený úbytek napájecího napětí do 5% pro CYKY 2-0 x 10mm<sup>2</sup>.

$$l = \frac{\Delta U_{\%} \cdot S}{2 \cdot \rho \cdot I \cdot \cos\varphi} = \frac{10 \cdot 5}{2 \cdot 0,01724 \cdot 10,939 \cdot 1} = 132,5 \text{ m} \quad (10)$$

### 4.3 Návrh systému pro variantu napájení C3

V předposlední variantě Obr.3 je napájen rozvaděč z rozvodny pomocí kabelu CYKY 5-G patřičného průřezu dimenzovaného na příkon systému. Přívodní kabel bude přiveden přes spínač Q1 a pojistkový odpínač F1 v rozvodně. Ze svorkovnice X0 bude vyveden pětižilový kabel jehož fáze budou přivedeny na vstup jističe F1. Nulový vodič bude vyveden a ukončen na svorkovnici X8. Ochranný vodič bude vyveden na svorkovnici X2





**Obr. 3 - Blokové schéma napájení systému SmartSwitch varianta C3**

#### 4.3.1 Dimenzování kabelů

Výpočet procházející proudu přívodním vodičem.

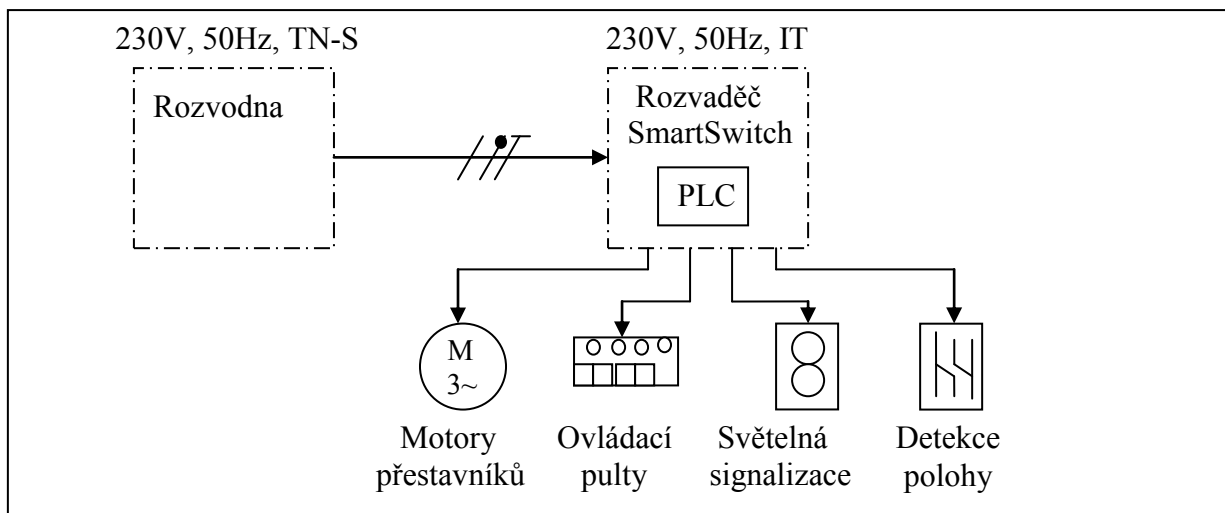
$$I = \frac{P_{\text{celk}}}{\sqrt{3} \cdot U_S \cdot \cos\varphi} = \frac{2516}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot \cos\varphi} = 3,631 \text{ A} \quad (11)$$

Výpočet maximální délky kabelu s dovoleným úbytkem do 5% napájecího napětí. Za proud je dosazena hodnota z (4). Výpočet je proveden pro kabel CYKY 3-O x 6mm<sup>2</sup>.

$$l = \frac{\Delta U_{\%} \cdot S}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \rho} = \frac{5 \cdot 6}{\sqrt{3} \cdot 3,631 \cdot 1 \cdot 0.01724} = 276,6 \text{ m} \quad (12)$$

#### 4.4 Návrh systému pro variantu napájení C4

Poslední varianta na Obr.4 je napájena ze sítě TN-S napětím 230V k přivedení napětí do rozvaděče je použit kabel CYKY 3-G. V rozvaděči bude kabel vyveden na vstupní svorky jističe F1 a ochranný vodič bude připojen ke svorkovnici X2.



**Obr. 4 - Blokové schéma napájení systému SmartSwitch varianta C4**

Výpočet proudu v jednofázové soustavě.

$$I = \frac{P_{celk}}{U_f} = \frac{2516}{230} = 10,939 \text{ A} \quad (13)$$

Výpočet maximální délky napájecího kabelu pro dovolený úbytek napájecího napětí do 5% pro CYKY 3-G x 10mm<sup>2</sup>.

$$l = \frac{\Delta U_{\%} \cdot S}{2 \cdot \rho \cdot I \cdot \cos \varphi} = \frac{10 \cdot 5}{2 \cdot 0,01724 \cdot 10,939 \cdot 1} = 132,5 \text{ m} \quad (14)$$

## 4.5 Uzemnění[5]

Navrhované uzemnění neživých částí obvodu IT, které jsou pospojovány, pospojování může být provedeno pomocí náhodného zemniče, zemnicích tyčí nebo strojeného zemniče, který může tvořit ocelová konstrukce budovy dle ČSN 33 2000-5-54 ed.2. Spoje uzemnění musí chráněny před korozi dostatečně mechanicky odolné. Průřez však nemusí být větší než 25mm<sup>2</sup>, pokud je vodič pospojování z mědi [7]. Pokud je tento vodič z jiného kovu, nemusí být jeho průřez větší než takový, který zajišťuje stejnou vodivost jako měděný vodič průřezu 25mm<sup>2</sup> [7]. V tomto případě je navrženo uzemnění pomocí strojeného vodiče H07V-R 25mm<sup>2</sup>, jenž je na jednom konci připojen k ocelové konstrukci budovy pomocí šroubu a na druhém připevněn na sběrnici PE v rozvaděči. Sběrnice PE bude propojena se svorkovnicí PE (X2) pomocí žlutozeleného vodiče H07V-U 6mm<sup>2</sup>[5].

## 5 NÁVRH NAPÁJENÍ SYSTÉMU SMARTSWITCH

V této kapitole budu navrhovat řešení jednotlivých variant pro zabezpečení funkce systému. Ke každému návrhu řešení bude přiřazeno schéma rozvaděče z vyznačeného návrhu řešení. Nejprve však budou popsány jednotlivé soustavy napájení, ochrana proti přepětí, dimenzování vodičů, návrh jištění.

### 5.1 Druhy napájecích soustav

#### 5.1.1 Soustava IT0/IT1.1

Označením IT0 značím napájecí část systému začínající v rozvodně a končící na primárních svorkách oddělovacího transformátoru. Tato je realizována pomocí kabelu CYKY 3-O. Soustava IT1.1 se nachází za sekundárními svorkami oddělovacího transformátoru  $Tr_1$ , jenž zajišťuje její napájení.

Napájecí zdroj sítě IT1: -oddělovací transformátor  $Tr_1$

<b>Varianta:</b>	<b>C1</b>
Přívod na primární:	3x400V, 50Hz, IT
Výstup sekundární:	3x400/230V, 50Hz, IT

Soustava IT1.1 zajišťuje napájení záložního zdroje (soustava IT3) dále zajišťuje napájení soustava IT2, která slouží pro napájení motorů přestavníků.

Ve variantě C.2 je přímo z rozvodny je vyvedena soustava IT1.2 (230V, 50Hz, IT,) vedená kabelem CYKY 2-O, který končí na vstupních svorkách jističe F1 v rozvaděči, zajišťuje napájení soustav IT2.1 a IT3.

#### 5.1.2 Soustava TN-S0.3-4/IT1.3-4

Ve zbylých dvou variantách jsou napájecí soustavy (TN-S0.3-4) vedeny z rozvodny pomocí kabelu CYKY (5-G a 3-G) do rozvaděče na primární svorky oddělovacího transformátoru  $Tr_1$ . Ve variantě C3 zajišťuje  $Tr_1$  napájení soustavy IT1.3 a v C4 pak napájení IT1.4

Napájecí zdroj sítě IT1: -oddělovací transformátor  $Tr_1$

<b>Varianta:</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
Přívod na primární:	3x400/230V, 50Hz, TN-S	230V, 50Hz, TN-S
Výstup sekundární:	3x400/230V, 50Hz, IT	230V, 50Hz, IT

Soustavy IT1.3 a IT1.4 zajišťují napájení UPS (IT. 3) a napájení IT2.1-2.

#### 5.1.3 Soustava IT3

Soustava označována jako IT3 se nachází za záložním zdrojem UPS. Tato soustava zajišťuje napájení transformátoru  $Tr_2$  jenž slouží k dohledání přestavníků, kolejeového obvodu, světelné signalizace, dále k napájení stejnosměrného zdroje ZD1 (napájení pultů), napájení NEXUSu (PWR) a HIS.

Napájecí zdroj: -UPS, typ ZP120 LCD-1K  
 Vstup: -1N AC 230V, 50Hz, IT  
 Výstup: -1N AC 230V, 50Hz, IT

## 5.2 Ochrana proti přepětí

K ochraně proti předpětí navrhuji realizaci ochrany pomocí svodiče bleskových proudů (SPD typ 1) a (SPD typ 2) jenž budou instalovány ve spodní části rozvaděče. Svodič SPD typ 3 bude instalován odděleně od svodiče SPD typu 1 a 2, vstupy svodičů budou napojeny z jističe F1. Signalizace poruchy jsou provedeny opticky přímo na svodičích. Svodiče budou uzemněny připojením na svorkovnici PE. Při montáži svodičů je nutné dodržet pokyny výrobců (vodič vstupu a výstupu nemá přesáhnout délku 50cm, má být dobře upevněn). Některé použité prvky a zařízení mají integrované ochrany proti přepětí již od výrobce. Ochrany proti přepětí ve směru z kolejiště jsou navrženy na vstupních svorkách (svodiče přepětí SPD typu 1) ve svorce WAGO. Podmínkou pro správnou funkci přepětiových ochrany je provedení hlavního a doplňujícího pospojování. Chráněnou kabelizaci je třeba vést odděleně od nechráněné kabelizace[21].

## 5.3 Dimenzování vodičů a jističů v rozvaděči

Při dimenzování, vodičů v rozvaděči jsem postupoval dle normy TNŽ 35 7102. Teplota uvnitř rozvaděče a podmínky prostředí pro zařízení jsou uvedeny v EN 50 125-3. Pro určení koeficientu současnosti proudového zatížení vycházím z tab. 10<sup>[9]</sup> v systému předpokládám 6 – 9 hlavních obvodů s 12-ti vodiči, zvolil jsem koeficient 0,7. Dovolené proudové zatížení a jistění pro vodiče 1,5 až 10 mm<sup>2</sup> je uvedeno v tab. 4. Pro jiné podmínky je nutné dovolené proudové zatížení vodiče přepočítat.

Průřez vodiče [mm <sup>2</sup> ]	Jmenovitá proudová zatížitelnost vodiče ( $I_N$ )	Dovolené proudové zatížení vodiče (45°C, k=0,7) ( $I$ )	Jmenovitý proud jistícího prvku ( $I_{NP}$ )
1,5	23	10	10
2,5	30	13	10
4	41	17	16
6	53	22	20
10	73	30	25

**Tab. 4 - výběr z tab. 15<sup>[9]</sup> dovolené proudové zatížení jednotlivých měděných vodičů a přiřazených jističů v rozvaděči z vnitřní teplotou 45°C [9]**

$I_N$  – jmenovitá proudová zatížitelnost proudového vodiče při teplotě prostředí 25°C

$I_{NP}$  – jmenovitý proud jističího prvku

$I$  – dovolené proudové zatížení příslušného vodiče uloženého v rozvaděči při dané teplotě prostředí

$k$  – přepočítací součinitel současnosti proudového zatížení v hlavních obvodech

## 5.4 Oddělovací transformátor

Pro řešení jednotlivých variant (konkrétně C1, C3, C4 ) byli vybrány oddělovací transformátory označeny jako Tr1. Jedná se vzduchem chlazené transformátory vyrobené dle ČSN EN 61558, ČSN EN 60076, jež mají zesílenou izolaci mezi primárním a sekundární vinutím a jsou určeny pro trvalý chod.

Jednotlivé transformátory jsem volil podle odebíraného výkonu systému a druhu napájecí sítě. Ve variantě C.1 a C.3 byly zvoleny totožné transformátory a to typ 3 UI 150.52 firmy EXIMET TRAFO, spol. s r. o. s výkonem 3kVA. Pro variantu C4 jsem zvolil jednofázový transformátor typ U168.75 o výkonu 3,2kVA[12].

### 5.4.1 Jištění a selektivita

Při návrhu jištění je nutné splňovat požadavky norem [4]. Z nichž plyne požadavek na dosažení selektivity jištění, pro zajištění selektivity se považuje dostatečný násobek vyššího jističe koeficientem 1,6 to, však není ve většině případů možno zajistit z důvodu malých kapacit přívodů, což je řešeno vkládáním jištění o stupeň vyšší v řadě jmenovitých hodnot jisticích prvků. Podmínkou jsou stejné charakteristiky jisticích prvků. Jištění transformátoru je navrženo dle požadavků výrobce. Pro ochranu proti přetížení použitých transformátorů je na sekundární straně navrženo proudové relé v kombinaci se stykačem[14][15].

## 5.5 Ochrana před úrazem elektrickým proudem[4]

Pro zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem je třeba zajistit splnění požadavků normy ČSN 33 2000-4-41.

- základní ochrana je zajištěna základní izolací živých částí, kryty, přepážkami
- ochrana při poruše je zajištěna automatickým odpojením v případě poruchy v síti IT při druhé poruše s použitím hlídače izolačního stavu
- ochrana malým napětím je provedena malým napětím PELV

## 5.6 UPS

UPS musí splňovat tyto požadavky:

- Vhodný typ pro železniční zařízení (soustava 1N AC 230V, 50Hz, IT)
- při výpadku napájení musí UPS zálohovat požadovaný výkon dle přání zákazníka nebo nejméně po dobu 10 minut
- aplikace bezúdržbových baterií se zajištěním co nejdelší životnosti
- pro případ poruchy musí UPS umožnit ruční bypass
- musí vyhovovat podmínkám určeným v EN 50 125-3, umístění v přístrojových skříních
- splňovat podmínky dle ČSN EN 50272-2
- provozní režimy musí být volitelné mezi Online a Standby-on



**On-line** je provozní režim továrně nastavený, který pracuje po prvním spuštění UPS. Připojená zařízení jsou napájena ze střídače, který získává potřebnou energii ze sítě prostřednictvím usměrňovače. Usměrňovač současně nabíjí baterie. Při výpadku síťového napájení zůstane zachováno napájení výstupu, které je zajišťováno UPS a využívá energii akumulovanou v bateriích.

**Standby-ON** je pohotovostní režim, který umožňuje snížení spotřeby energie napájeným systémem. Příkaz se zadává z panelu s displejem. Zátěž je napájena z přemostovacího okruhu. Usměrňovač je stále zapnutý a nadále dobíjí baterii. V případě výpadku dojde k přepnutí na záložní provoz (napájení ze střídače UPS) s krátkodobým výpadkem 2 až 5ms. Tato časová prodleva nemá vliv na bezchybný provoz všech používaných elektronických přístrojů systému. Ty spolehlivě fungují do prodlevy 10ms. Systém zůstává v tomto stavu tak dlouho, dokud jsou kmitočet a napětí v přemostovacím okruhu v přijatelných mezích. Pokud jsou tyto meze překročeny, zátěž se automaticky přepne na výstup střídače, respektive do stavu On-line.

## **Baterie**

Při návrhu záložního zdroje byl brán v potaz požadavek ze strany firmy První Signální, a.s. na výběr baterií vhodných pro venkovní prostředí s širokým rozsahem teplot. Pro splnění tohoto požadavku navrhuji baterie s technologií -LITHIUM YTTRIUM, které mají rozsah pracovních teplot od -20°C do + 70°C jež by požadavky firmy měli plně splňovat [13].

## **5.7 Návrh napájení systému pro variantu C1**

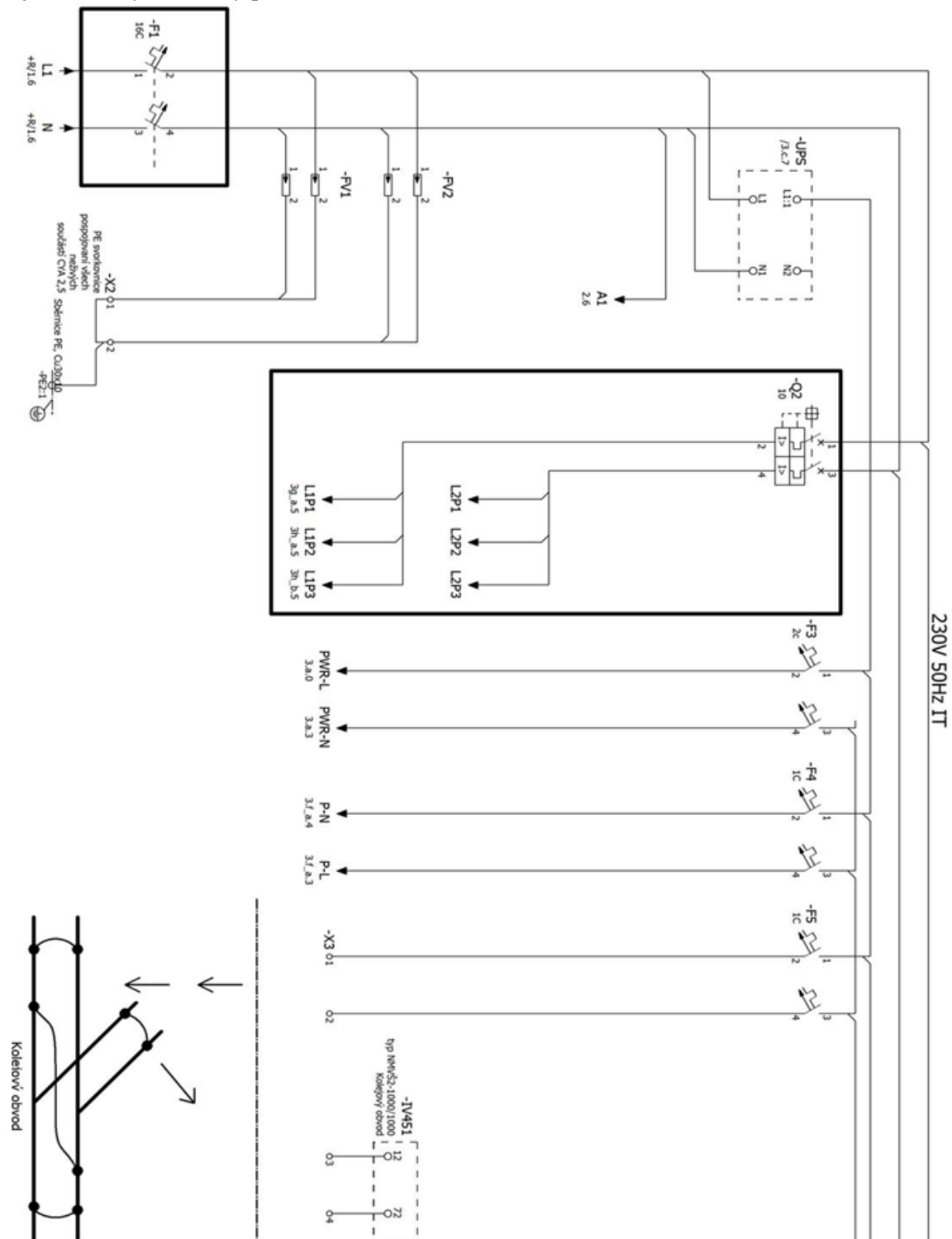
V první variantě je systém napájen ze sítě 400V, 50Hz, IT, tato síť zabezpečuje napájení třífázových motorů přestavníků. Není však vhodná pro napájení dalších zařízení systému, které ke své funkci vyžadují napájecí napětí 230V. V návrhu řešení pro zabezpečení funkce celého systému navrhuji použití oddělovacího transformátoru s vyvedeným středem. Tento návrh zajišťuje požadované napájení 3x230/400V, 50Hz, IT, které zajišťuje funkčnost systému. Řešení je znázorněno na obr.5 a 6.





## 5.8 Návrh napájení systému pro variantu C2

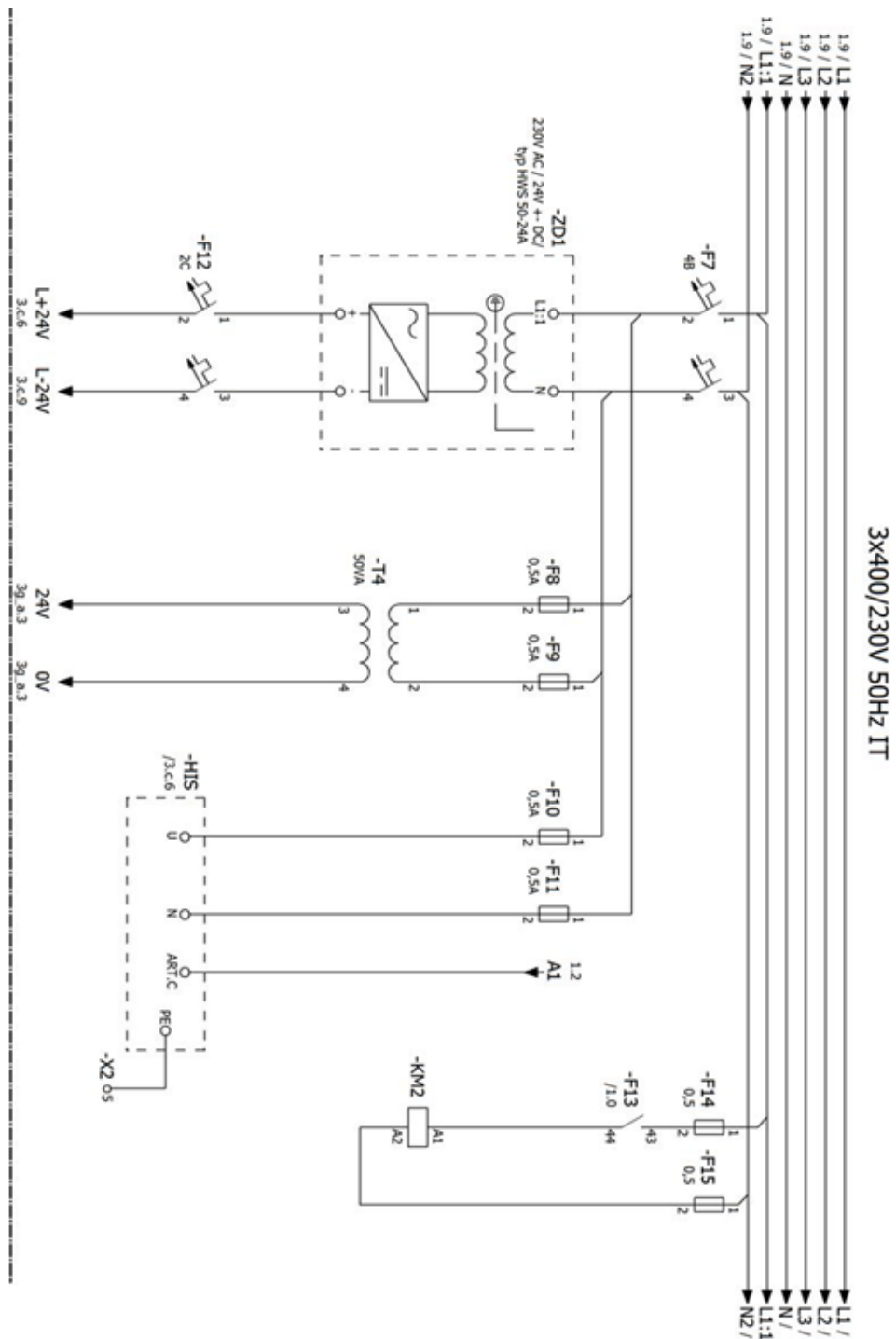
Návrh řešení varianty, kdy je napájení systému provedeno ze sítě 230V, 50Hz, IT. Tato síť je vhodná pro zabezpečení funkcí elektronické části (soustavy IT3) a je určena pro použití s jednofázovými motory přestavníků.



Obr.7 - Schéma napájení systému SmartSwitch varianta C2





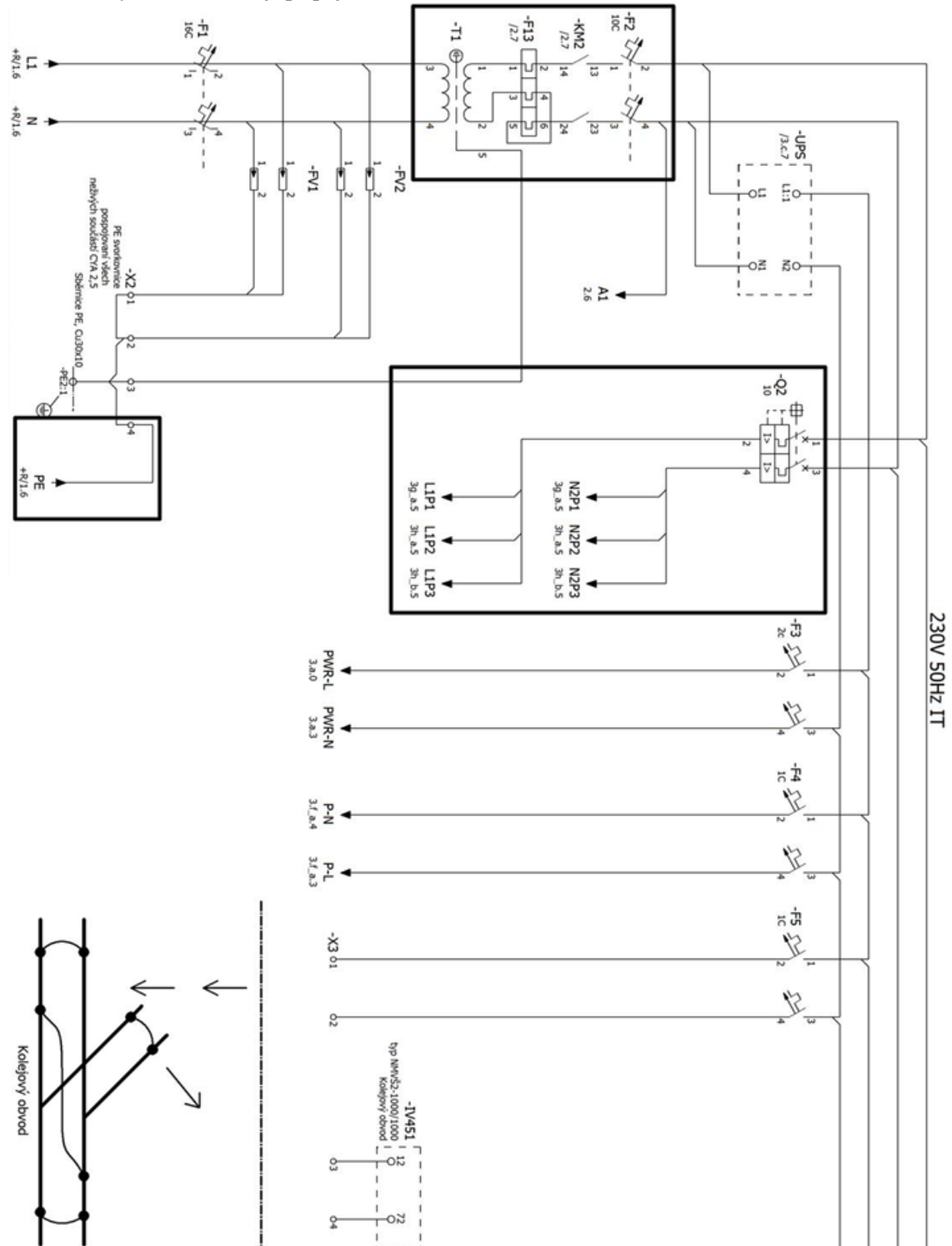


**Obr.10 - Schéma napájení systému SmartSwitch varianta C3 pokračování z Obr.9**

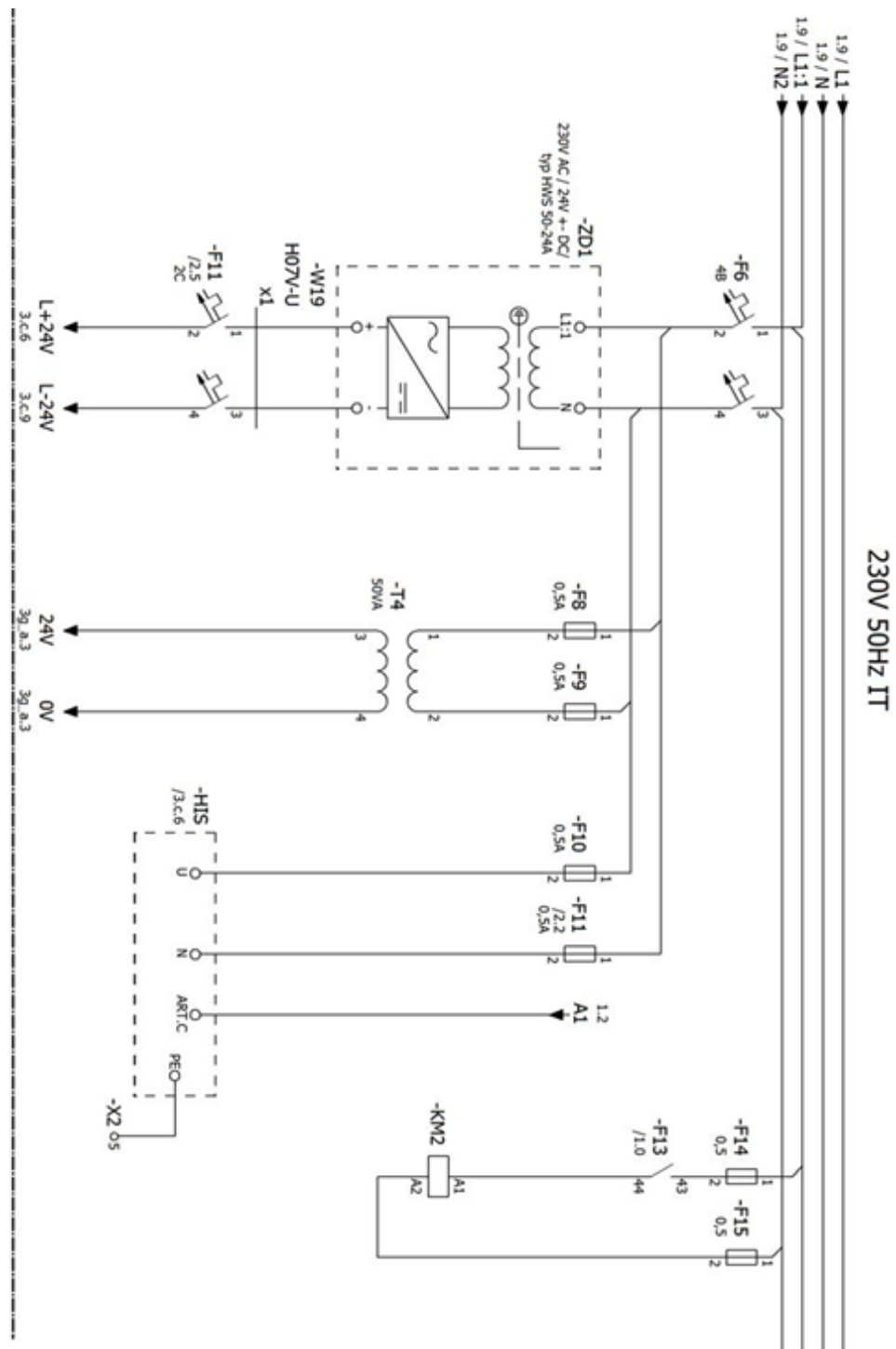


## 5.10 Návrh napájení systému pro variantu C4

Pro řešení varianty C.4 (napájení ze sítě 230V, 50Hz, IT) navrhuji k zajištění funkce využití jednofázového oddělovacího transformátoru k zajištění napájecího napětí 230V, 50Hz, IT. Ochranný vodič navrhuji připojit ke svorkovnici X2



**Obr.11 - Schéma napájení systému SmartSwitch varianta C4**



Obr.12 - Schéma napájení systému SmartSwitch varianta C4 pokračování z Obr.11

## 6 NÁVRH ROZVADĚČE

V návrhu rozvaděče je nutné dbát na požadavky při instalaci NEXUSu [1] ale také na dostatečný prostor pro podpůrné části systému jako: jističe, napájecí části, záložní zdroj, připojení napájecího kabelu a umístění uváděče (ve většině případů se předpokládá umístění rozvaděče ve venkovním prostředí). Pro výpočet ohřevu a návrh chlazení uvnitř rozvaděče je použit program rittal therm61a. V mém návrhu se počítá s jednou kazetou (rackem) NEXUS, v rozsáhlejších aplikacích je v systému možnost použití dvou kazet NEXUSu s čímž je třeba při návrhu rozvaděče počítat. S ohledem na výše zmíněné požadavky jsem zvolil rozváděčovou skříň firmy Rittal Czech, s.r.o. typ ES 5000[18].

Tento rozvaděč je konstruován pro venkovní prostředí s krytím IP 55 o rozměrech 1600 x 600 x 500 mm (VxŠxH). Je zkonstruován z ocelového plechu vstup do rozvaděče je proveden z přední strany pomocí uzamykatelných dveří, ze zadní je strany je přístup přes odšroubovatelný kryt. Součástí příslušenství je podstavec o výšce 200 mm[22].

## **7 ZHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH ODBORNÝCH A PRAKTICKÝCH DOVEDNOSTÍ VE FIRMĚ**

Za dobu působení ve firmě První Signální, a.s. jsem se seznámil zejména s moderním způsobem ovládání výhybek v kolejové dopravě, pomocí produktu SmartSwirch. Při práci na návrhu jsem byl, obeznám s řešenou problematikou, která zahrnovala řešení napájecích obvodů, možnosti a funkce řídicího PLC, této zkušenosti budu moci využít nejen v řízení kolejové dopravy ale i při projektování jiných aplikací s použitím PLC například řízení klimatizace, osvětlení, tepelných soustav. Dále jsem měl možnost zkonzultovat množství problémů, jež, mi byli vedoucím projekce Ing. Stanislavem Zářeckým a pracovníky projekce ochotně vysvětleny. Tím mi byla přiblížena problematika řízení kolejové dopravy, což můžu využít v další praxi v případě nástupu do zaměstnání s orientací na podobnou problematiku.

Při návrhu jsem měl možnost práce s technickou a projekční dokumentací firmy a také sledovat komunikaci mezi jednotlivými odděleními tuto zkušenost shledávám jako užitečnou pro využití v praxi. Návrh jsem vytvářel v programu Eplan electric P8 v1.9 což my pomohlo k prohloubení dosavadních znalostí.

## 8 ZÁVĚR

Řízení kolejové dopravy pomocí elektronického systému SmartSwitch nachází uplatnění z hlediska ekonomického i spolehlivosti jak v nově vznikajících provozech tak i při renovaci. Pro zajištění napájení systému v jednotlivých provozech byly provedeny návrhy v příslušných variantách C1, C2, C3, C4. Každá varianta byla navrhována tak aby zajistila funkčnost zařízení a bezpečnost. K zajištění funkčnosti celého systému jsem postupoval dle požadavků na zajištění napájení řídicího PLC a řízených obvodů. Toho bylo dosaženo především pomocí oddělovacího transformátoru nebo vhodných motorů, návrhy pomocí těchto komponent je možné využít pro všechny rozsahy aplikace systému SmartSwitch je však nutné mít na paměti, že je nutné zvolit správné parametry odpovídající rozsahu aplikace.

Projektová dokumentace byla vytvořena v programu Eplan electric P8 v1.9 oproti ve firmě používaném programu AutoCAD shledávám výhodu v generaci výstupních sestav. Správné vygenerování sestav však souvisí s databázemi prvků ty, však ne vždy fungují tak jak by měli nebo vůbec neexistují. Nevýhodou programu je také obtížnější zakreslování do půdorysů oproti AutoCADu. Vzhledem ke zkušenostem projektantů ve stávajícím programu a ke zmíněným skutečnostem bych přechod k novému programu nedoporučoval znamenalo by dlouhodobější snížení efektivity projekčního oddělení a také zvýšení nákladů firmy.

Výstupem této práce byl projektový návrh jednotlivých variant pro velké množství výkresů (176) jsem v knižní podobě práce uvedl přílohy pouze pro variantu C1 a z ostatních variant jsem vybral výkresy ve, kterých se návrhy od sebe liší.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Knižní zdroje:

- [1,1] PRVNÍ SIGNÁLNÍ, a.s. *Návod na instalaci: NEXUS*. 30.3.2011.
- [2,2] DVOŘÁČEK, K. CSIRIK, V. *Projektování elektrických zařízení*, Praha, IN-EL, ISBN 80-86230-10-4.
- [1,3] SOLID TEAM S.R.O. OLOMOUC. *Elektro v praxi 4*. Solid team s.r.o. Olomouc, 2006.

Normy:

- [4] ČSN 33 2000-4-41. *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4- 41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.8.2007.
- [5] ČSN 33 2000-5-54 ed.2. *Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení - Uzemnění, ochranné vodiče a vodiče ochranného pospojování*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Září 2007.
- [6] ČSN EN 50272-2. *Bezpečnostní požadavky pro akumulátorové baterie a akumulátorové instalace - Část 2: Staniční baterie*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Únor 2002.
- [7] ČSN EN 50 125-3. *Drážní zařízení - Podmínky prostředí pro zařízení - část 3: Zabezpečovací a sdělovací zařízení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Prosinec 2003.
- [8] ČSN EN 60439-1. *Rozvaděče nn - Část 1: Typově zkoušené a částečně typově zkoušené rozvaděče*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Únor 2001.
- [9] TNŽ 35 7102. *Dimenzování a jištění vodičů a kabelů v rozvaděcích*. [únor 1976].

Internetové zdroje:

- [10] Trvalé monitorování a lokalizace poruchy izolačního odporu v izolovaných sítích. [Http://www.odbornecasopisy.cz](http://www.odbornecasopisy.cz) [online]. [cit. 2012-02-03]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=37239](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37239)
- [11] PRVNÍ SIGNÁLNÍ, a.s. [online]. [cit. 2012-02-2]. Dostupné z: <http://www.1sig.cz/cs>
- [12] Transformátory a tlumivky VÝROBNÍ PROGRAM SPOLEČNOSTI: Produkty do napětí 1 kV (nn). [Http://www.eximettrafo.cz](http://www.eximettrafo.cz) [online]. [cit. 2012-03-03]. Dostupné z: [http://www.eximettrafo.cz/vyrobní\\_programr](http://www.eximettrafo.cz/vyrobní_programr)

- [13] GWL/POWER-LITHIUM YTTRIUM - technologie budoucnosti. *Http://www.battery-import.cz/* [online]. [cit. 2012-03-04]. Dostupné z: <http://www.battery-import.cz/gwl-power-lithium-yttrium-2/>
- [14] Selektivita jističů – cesta k zajištění spolehlivosti dodávek elektrické energie. *Http://www.odbornecasopisy.cz* [online]. [cit. 2012-03-04]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=25065](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=25065)
- [15] Dimenzování vodičů. *Http://cmos.webgarden.cz/* [online]. [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: <http://cmos.webgarden.cz/elektrikari/dimenzovani-vodicu.html>
- [16] Hlídače izolačního stavu. *Http://www.ghvtrading.cz/* [online]. [cit. 2012-03-014]. Dostupné z: <http://www.ghvtrading.cz/elektricka-bezpecnost/isometer/>
- [17] *Http://www.prakab.cz/* [online]. [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.prakab.cz/info/vyrobky/instalacni-vodice-a-kabely/>
- [18] Projektování a návrh rozvaděčů. *Http://www.odbornecasopisy.cz* [online]. [cit. 2012-04-012]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=39859](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=39859)
- [19] Uzemnění a ochranné vodiče. *Http://elektrika.cz/* [online]. [cit. 2012-02-26]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/uov021209>
- [20] Produkty. *Http://www.oez.cz/* [online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/produkty>
- [21] Ochrana proti přepětí. *Http://www.rema.cz* [online]. [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.rema.cz/index.php/prepeti/prepeti-rady-a-teorie/138-prepeti-ochrana-teorie>
- [22] *Http://www.rittal.cz/* [online]. [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: [http://www.rittal.cz/index.php?id=1&type=category&id\\_node=1&page=1&](http://www.rittal.cz/index.php?id=1&type=category&id_node=1&page=1&)
- [22] Co způsobí zničení nadproudového relé?. [Http://www.eatonelektrotechnika.cz/](http://www.eatonelektrotechnika.cz/) [online]. [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://www.eatonelektrotechnika.cz/priruckazapojeni/motor009.html>

## **SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha č. I.: Výkresová dokumentace varianta C1
- Příloha č. II.: Výkresová dokumentace varianta C2
- Příloha č. III.: Výkresová dokumentace varianta C3
- Příloha č. IV.: Výkresová dokumentace varianta C4